



UEPB

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE LICENCIATURA PLENA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

THALES RODRIGUES LIMA

**CROMATOGRAFIA DE PFEIFFER COMO MÉTODO AVALIATIVO DA
QUALIDADE DO SOLO**

**CAMPINA GRANDE
2024**

THALES RODRIGUES LIMA

**CROMATOGRAFIA DE PFEIFFER COMO MÉTODO AVALIATIVO DA
QUALIDADE DO SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado a Coordenação do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Graduado em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Simão Lindoso de Souza.

**CAMPINA GRANDE
2024**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

L732c Lima, Thales Rodrigues.
Cromatografia de Pfeiffer como método avaliativo da qualidade do solo [manuscrito] / Thales Rodrigues Lima. - 2024.
30 p. : il. colorido.

Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2024.
"Orientação : Prof. Dr. Simão Lindoso de Souza, Coordenação de Curso de Biologia - CCBS. "
1. Cromatografia de Pfeiffer. 2. Qualidade do solo. 3. Métodos de avaliação. I. Título

21. ed. CDD 570

THALES RODRIGUES LIMA

**CROMATOGRAFIA DE PFEIFFER COMO MÉTODO AVALIATIVO DA
QUALIDADE DO SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado ao Coordenação do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Graduado em Ciências Biológicas.

Aprovada em: 27/06/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Simão Lindoso de Souza (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Prof. Me. Antônio Marques Carneiro
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Prof. Dr. Francisco de Oliveira Mesquita
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Aos meus pais, Ana e Ednaldo, DEDICO.
Tudo que sou e serei é fruto do amor que
recebi dos meus pais, que são o meu porto
seguro e meu tudo. Nada seria sem vocês.

"O que a memória ama fica eterno."
(Adélia Prado)

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Artigos levantados nas bases de dados sobre o uso da cromatografia de Pfeiffer como método avaliativo da qualidade da saúde do solo	18
--	----

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fluxograma do processo de seleção dos artigos	18
Figura 2 – Ilustração de um cromatograma	22

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CCP	Cromatografia Circular Pfeiffer
CSP	Cromatografia de Solo Pfeiffer
IQS	Índice da Qualidade do Solo
MOS	Matéria Orgânica do Solo
QS	Qualidade do Solo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1	Saúde do solo.....	11
2.2	Cromatografia de Pfeiffer.....	13
2.3	Tecnologias voltadas a análise da cromatografia.....	14
3	METODOLOGIA	16
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	17
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	24
	REFERÊNCIAS.....	25

CROMATOGRAFIA DE PFEIFFER COMO MÉTODO AVALIATIVO DA QUALIDADE DO SOLO

PFEIFFER CHROMATOGRAPHY AS A METHOD FOR ASSESSING SOIL QUALITY

LIMA, Thales Rodrigues*

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo geral fazer um levantamento e discutir os estudos publicados entre os anos de 2020-2024 sobre o uso da Cromatografia de Pfeiffer como método avaliativo da qualidade da saúde do solo. Contudo, para que se fosse possível alcançar o objetivo proposto, foi desenvolvida uma pesquisa de cunho bibliográfico, no qual, utilizou-se de bases de busca acadêmica, a exemplo do Scielo e Google Acadêmico. Para levantamento dos estudos necessários para embasamento teórico, foram utilizados no decorrer deste estudo os seguintes descritores: Cromatografia de Pfeiffer. Qualidade. Solo. No decorrer deste estudo foi possível compreender que, a Cromatografia Circular de Pfeiffer merece destaque como técnica agroecológica. Sua fácil preparação e baixo custo, aliados à simples execução e interpretação que podem ser feitas por técnicos e agricultores, fazem dele uma ferramenta valiosa na avaliação da qualidade do solo e na autonomia dos agricultores para monitorar o impacto do manejo do solo para monitorar a qualidade dos solos e seus impactos.

Palavras-chaves: cromatografia de Pfeiffer; qualidade do solo; métodos de avaliação.

ABSTRACT

The present study has the general objective of analyzing, through studies published between the years 2020-2024, the use of Pfeiffer Chromatography as a method for evaluating the quality of soil health. However, in order to achieve the proposed objective, bibliographical research was developed, in which academic search bases were used, such as Scielo and Google Scholar. To survey the studies necessary for theoretical basis, the following descriptors were used: Pfeiffer chromatography. Quality. Ground. During this study it was possible to understand that Pfeiffer Circular Chromatography deserves to be highlighted as an agroecological technique. Its easy preparation and low cost, combined with the simple execution and interpretation that can be carried out by technicians and farmers, make it a valuable tool in assessing soil quality and providing farmers with autonomy to monitor the impact of soil management.

Keywords: Pfeiffer chromatography; soil quality; evaluation methods.

* Graduando do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual da Paraíba, e-mail: thales.lima@aluno.uepb.edu.br

1 INTRODUÇÃO

Segundo Doran e Parkin (1994), a qualidade do solo não se trata apenas de quão fértil ou produtivo um solo pode ser. É muito mais do que isso, trata-se da capacidade do solo para desempenhar o seu papel natural num ecossistema, quer esse ecossistema seja deixado sozinho ou gerido pelo homem. As principais funções do solo são: apoiar a produtividade do crescimento vegetal e animal; preservar a pureza do ar e da água, promovendo a saúde vegetal e animal, até mesmo dos seres humanos. Em outras palavras, atua como um meio para o crescimento das plantas, controla o fluxo de água, armazena elementos e atua como um amortecedor ambiental ao mesmo tempo em que desempenha essas funções naturalmente dentro de um ecossistema. Se for capaz de fazer tudo isso com eficácia determina sua qualidade.

No entanto, a determinação da qualidade do solo exige o acompanhamento de parâmetros específicos inerentemente flutuantes com alterações no manejo ou elementos externos. Os indicadores da qualidade do solo normalmente se enquadram em três categorias: físicos, químicos e biológicos. Normalmente, a qualidade geral do solo é avaliada com base nesses valores indicadores. No entanto, um ponto importante a notar é que a avaliação da qualidade do solo deve ser feita através de métodos mais acessíveis que possam ser facilmente utilizados para análise, uma vez que ocupa uma posição chave como indicador para a gestão de terras agrícolas, afetando assim significativamente a sustentabilidade dos agroecossistemas (Mendes *et al.* 2021).

De acordo com Conceição *et al.* (2023), as técnicas atuais utilizadas na avaliação da qualidade do solo envolvem dados quantitativos que analisam os elementos individualmente e não consideram a atividade biológica presente no solo. Neste sentido, é vital explorar abordagens qualitativas para a avaliação da gestão e sustentabilidade dos agroecossistemas como parte da sua complexidade e ainda a ser compreendida pelos agricultores.

Mendes *et al.* (2021) complementa que, o solo não é apenas sujeira, é um mundo vivo repleto de biodiversidade. A agitação biológica nas suas profundezas desempenha um papel fundamental na formação da sua estrutura e fertilidade sem a qual não pode desempenhar as suas funções primárias, como ser um meio para o crescimento das plantas ou fonte de nutrientes para outros organismos na cadeia alimentar. Quando falamos de qualidade e saúde do solo, estamos essencialmente a analisar até que ponto este pode apoiar bem esta produtividade biológica dinâmica: uma dança intrincada que garante que todas as partes interessadas têm as suas necessidades satisfeitas. Em essência, ao manter este delicado equilíbrio de biosistemas, os solos saudáveis promovem uma flora exuberante (plantas), uma fauna vibrante (animais) e, em última análise, sustentam a vida do ser humano.

Contudo, tendo em vista este entendimento, Razera (2021) destaca que, a Cromatografia de Solo de Pfeiffer (CSP) pode ser utilizada para monitorar agroecossistemas como um excelente indicador da qualidade do solo. De tal modo, consta-se assinalar ainda que, este configura-se como sendo um método físico ao qual tem como principal finalidade separar diferentes componentes por meio da caracterização de substâncias complexas.

Sendo este ainda, um conjunto de tecnologias ao qual fundamenta-se no princípio da retenção seletiva. No qual, as amostras são representadas por cromatogramas, a saúde do solo é analisada. Neste cromatograma podem ser observadas propriedades físicas (estrutura do solo), químicas (minerais e M.O.S. (matéria orgânica do solo) e biológicas (atividade enzimática). Dessa forma, a análise

do solo é representada por formas e cores, tornando-se uma tecnologia de fácil assimilação pelas famílias dos agricultores. O Cromatograma Pfeiffer é um holograma do solo que permite visualizar a dinâmica do solo e suas interações. Deste modo, antes de decifrar o cromatograma, é importante que se possa partir da premissa de que o solo é um organismo vivo (Razera, 2021).

A Cromatografia Circular Pfeiffer (CCP), uma técnica de separação física, pode revelar informações valiosas em misturas complexas, como avaliação da qualidade do produto, atividade microbiológica e interações principalmente com a vida do solo. Tecnologia de baixo custo baseada em instrumentos e acessível a agricultores, técnicos e estudantes, auxilia no monitoramento das transformações e estratégias operacionais da unidade agrícola que funcionam como indicadores da qualidade da saúde do solo (Bezerra *et al.* 2020).

Assim, o presente estudo apresenta a seguinte problemática: qual a importância do uso da Cromatografia de Pfeiffer como método avaliativo da qualidade da saúde do solo?

A Cromatografia Pfeiffer é um método interessante, ao qual este, auxilia na avaliação qualitativa do solo por meio do exame visual. Como resultado, difere da análise regular do solo que informa sobre a quantidade de nutrientes, nível de pH, porcentagem de matéria orgânica e qualidade de vida ao identificar diferentes cores e desenhos presentes entre os componentes minerais. Isso inclui também energia e eletromagnética que podem ser vistas visualmente no cromatograma e não apenas nos números indicados como de costume nas análises comuns de solo.

A cromatografia circular de Pfeiffer não substitui nenhuma outra análise puramente química, pois sua simplicidade permite verificar a atividade microbiológica e fornecer orientações rápidas. No entanto, nenhuma outra análise puramente química pode fazer isso, exceto a técnica simples. Assim, nesta proposta pretendemos avaliar o efeito do manejo anual da cultura na qualidade biológica do Latossolo utilizando a cromatografia de Pfeiffer como método avaliativo da qualidade do solo.

Deste modo, o presente estudo tem como objetivo geral discutir por meio de estudos publicados entre os anos de 2020-2024 o uso da Cromatografia de Pfeiffer como método avaliativo da qualidade do solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Saúde do solo

Vários investigadores consideram que a avaliação qualitativa do solo através da percepção individual, predominantemente agricultores, é a abordagem mais adequada para o Indicador de Qualidade do Solo (IQS) (Harris; Bezdicek, 1994; Garyland *et al.*, 1994, Romig *et al.*, 1995, 1996; Andrews *et al.*, 2003; Sanchez *et al.*, 2003; Barrios *et al.*, 2006). Na realidade, o Instituto de Qualidade do Solo do USDA-NRCS tem uma forma especial de criar este tipo de avaliação a nível local (USDA-NRCS, 2008). Uma iniciativa entre investigadores sul-americanos e sul-africanos desenvolveu um guia que funcionaria como um incentivo para as comunidades estabelecerem a monitorização local da qualidade do solo, bem como ajudaria na tomada de decisões sobre práticas de gestão do solo com base em indicadores terrestres. A sua proposta sugere identificar indicadores qualitativos locais de qualidade do solo e classificá-los com padrões técnicos do solo para que haja um

entendimento partilhado entre agricultores, extensionistas e cientistas (Barrios *et al.*, 2006).

Uma avaliação paralela ao QS é a avaliação da sustentabilidade da terra. Da mesma forma, os pesquisadores buscam indicadores baseados em critérios semelhantes aos sugeridos para o IQS (Zinck; Farshad, 1995; Huffman *et al.*, 1998). Contudo, sabe-se que, a Agricultura e Alimentação (FAO) e o IBSRAM desenvolveram um procedimento para avaliar a sustentabilidade da terra que envolve indicadores físicos e biológicos, econômicos e sociais do solo, foram realizados alguns testes deste procedimento que sublinharam a simplicidade do método (Gomez *et al.*, 1996). As características individuais dos produtores na tomada de decisões relacionadas aos componentes da sustentabilidade da terra foram destacadas como elementos significativos por outros testes (Gameda; Dumanski, 1995).

A preocupação em avaliar a QS ao longo do tempo leva-nos a considerar a sustentabilidade. Segundo Larson e Pierce (1994), existem duas formas de determinar se um sistema de gestão agrícola é sustentável ou não: avaliação comparativa e avaliação dinâmica. No primeiro caso, o desempenho de um sistema é avaliado apenas num determinado momento em relação a outras alternativas; enquanto neste último é avaliado ao longo do tempo. A mudança dos principais IQS com o tempo ajuda a determinar se a qualidade do solo está a melhorar sob um sistema específico de uso da terra ou não, acompanhamento temporal pode ser feita utilizando métodos estatísticos clássicos. Além disso, a krigagem fornece análise da estrutura espacial que ajudaria a compreender as mudanças nas propriedades do solo ao longo da amostragem temporal, bem como diferentes modelos de uso da terra que podem ser considerados para uso em áreas específicas onde estes sistemas são aplicáveis (Sun *et al.*, 2003).

Foi no final da década de 1990 que o mundo científico começou a questionar a utilização do IQS, ponderando sobre que ações deveriam seguir-se uma vez identificado um índice. Doran e Zeiss (2000) expressaram que o IQS é “um meio para atingir o fim” por si só; este fim, como sugerem os autores, envolve a gestão de sistemas agrícolas baseados em princípios de sustentabilidade. Sojka e Upchurch (1999, 2003) opuseram-se fortemente à definição de atributos para uma composição de IQS. Estes autores acreditam que simplesmente indexar a diversidade das funções do solo é prematuro para a tomada de decisões sobre práticas de gestão do solo, dadas as infinitas condições sob as quais um solo pode ser encontrado. Argumentam que as práticas de gestão têm mais impacto na funcionalidade do solo do que as propriedades intrínsecas do solo. Assim, é imperativo que os profissionais e cientistas do solo busquem o que é conhecido como “qualidade do manejo do solo antes do manejo da qualidade do solo”. Fliebbach *et al.* (2007) defendem que nenhuma prática de gestão isolada seria capaz de melhorar a QS; só pode ser através de um esforço combinado de diferentes estratégias.

Contudo, segundo Vezzani e Mielniczuk (2009) deve-se observar ainda que, no início dos anos 200, os envolvidos nesta procura de IQS ainda estavam empenhados: procurando estes atributos e depois justificando-os com base na sua capacidade de responder a práticas de gestão específicas logo após a sua adopção. O trabalho de validação destes indicadores ocorre em vários locais cada um com diferentes condições de solo e clima onde uma infinidade de sistemas de gestão e culturas podem ser comparados lado a lado.

Observa-se que os IQS nem sempre são acessíveis e fáceis de usar em condições de campo e por diversas pessoas, como sugerem os critérios para sua obtenção. Pelos métodos propostos, a maioria das determinações exige

equipamentos sofisticados, disponíveis apenas em instituições de pesquisa. No entanto, o grande mérito dos primeiros pensadores em QS os quais praticamente se enquadram nesta linha da busca pelo melhor indicador está centrado em como eles conseguiram valorizar e atrair a atenção do meio científico e da sociedade em geral para a QS. A condição cultural e o estilo de vida da sociedade no final do século XX colaboraram para que a preocupação com a QS recebesse valorização especial. Talvez por esse motivo, atualmente a comunidade científica como um todo se volta de uma forma ou de outra para a QS e para a influência desta na sustentabilidade agrícola. As linhas de pensamento seguintes são frutos desse pensamento inicial (Vezzani; Mielniczuk, 2009).

2.2 Cromatografia de Pfeiffer

De acordo com Bezerra *et al.* (2020), a busca incessante pela compreensão e avaliação da saúde do solo é de suma importância para a sustentabilidade da agricultura e para o equilíbrio ecológico. Neste contexto, a Cromatografia de Pfeiffer emerge como uma ferramenta valiosa, possibilitando uma abordagem holística e integrada na avaliação da qualidade do solo.

Ainda conforme entendimento de Bezerra *et al.* (2020), pode-se dizer que, o entendimento da cromatografia de Pfeiffer começa na primeira metade do século XX, quando foi concebida por Ehrenfried Pfeiffer. Pfeiffer foi não apenas um cientista, mas um pioneiro no campo da biologia e da agricultura orgânica. Seu método revolucionário baseava-se no uso de padrões cromatográficos para avaliar o solo, dando ênfase particular aos seus componentes orgânicos e minerais.

Bezerra *et al.* (2020) complementa ainda que, no que se refere a eficácia da Cromatografia de Pfeiffer na avaliação da qualidade do solo em sistemas agroflorestais da agricultura familiar, consta-se destacar que, essa técnica, segundo os autores, oferece uma perspectiva integradora sobre a saúde do solo, encapsulando parâmetros físicos, químicos e biológicos. A abordagem é também reconhecida por ser econômica, porém extremamente informativa, proporcionando discernimento sobre o equilíbrio e a vitalidade do solo.

Ao considerar a aplicação prática da Cromatografia de Pfeiffer, encontrasse diversos estudos que reforçam sua relevância na avaliação do solo. Em uma pesquisa conduzida por Barros e Silveira Franco (2022), foi destacada a contribuição dessa técnica para avaliar a saúde do solo, demonstrando sua aplicabilidade em diversos contextos geográficos e agrônômicos.

De forma similar, Cavalcante *et al.* (2021) empregaram essa metodologia para analisar a saúde do solo em sistemas produtivos baseados em princípios agroecológicos. O estudo proporcionou uma visão profunda sobre os benefícios de integrar a Cromatografia de Pfeiffer nas práticas agrícolas, especialmente em ambientes onde a sustentabilidade é de importância primordial.

Além dessas aplicações, Kehl (2014) explorou o uso da Cromatografia de Pfeiffer como uma ferramenta eficaz para avaliar a qualidade do solo em sistemas agroflorestais. O estudo reiterou a relevância da técnica, ressaltando sua capacidade de fornecer insights críticos sobre a saúde e a integridade do solo.

2.3 Tecnologias voltadas à análise da cromatografia

O avanço da tecnologia trouxe uma revolução na forma como as técnicas tradicionais são aplicadas e interpretadas. No contexto da Cromatografia de Pfeiffer, os avanços metodológicos foram marcantes, especialmente na manipulação digital das imagens.

A manipulação de imagens digitais trouxe um avanço na cromatografia de Pfeiffer, pois especialmente para interpretações dos padrões de imagens, e aumentando o nível de detalhes a ser avaliado em um cromatograma, muitas vezes invisíveis ao olho humano (Fontenele, Gouveia; Santos 2020)

Contudo, deve-se atentar ao que alude Cavalcante *et al.* (2021), no qual estes afirmam que, a Cromatografia de Pfeiffer, desde sua concepção por Ehrenfried Pfeiffer, demonstrou ser uma técnica valiosa para a comunidade científica e agrícola. Seja na avaliação holística da saúde do solo, na sua aplicação em diversos sistemas agrícolas, ou nos avanços metodológicos recentes.

Apesar disso, complementa-se ainda que, a integridade e a saúde do solo estão intrinsecamente ligadas à sustentabilidade e à produtividade agrícola. Com a crescente necessidade de práticas agrícolas sustentáveis e o entendimento do solo como um sistema complexo que interage com vários fatores bióticos e abióticos, torna-se fundamental aprofundar métodos que ofereçam uma análise holística da saúde do solo. Neste cenário, a Cromatografia de Pfeiffer se destaca como uma ferramenta inovadora e de suma importância, sendo corroborada por vários estudos recentes (Cavalcante *et al.*, 2021).

O trabalho desenvolvido por Barros e Silveira Franco (2022) serve como um exemplo notável da aplicação e relevância da Cromatografia de Pfeiffer. Em seu estudo detalhado, os autores exploraram as contribuições da cromatografia circular de Pfeiffer especificamente no contexto da avaliação da saúde do solo. Uma das conclusões chave do estudo é a capacidade da técnica de integrar múltiplos parâmetros e indicadores em uma única análise. Este aspecto é particularmente crucial ao avaliar solos em sistemas agrícolas diversificados e policultivos, onde a interação entre diferentes componentes e a dinâmica do solo podem ser complexas e multifacetadas (Barros; Silveira Franco, 2022).

Aprofundando-se ainda mais nas implicações práticas e na aplicabilidade da Cromatografia de Pfeiffer, Cavalcante *et al.* (2021) centraram seu estudo em sistemas produtivos que se baseiam em práticas agroecológicas. Esta escolha de foco é essencial, dada a crescente popularidade e necessidade de práticas agrícolas que se alinham com princípios ecológicos e de sustentabilidade. Em seu estudo, os autores elucidaram como a Cromatografia de Pfeiffer foi eficaz ao avaliar o equilíbrio biológico, químico e físico dos solos que estão sob regimes de manejo sustentável. O entendimento de como diferentes práticas de manejo influencia a saúde do solo é de importância fundamental para moldar práticas agrícolas futuras.

Cavalcante *et al.* (2021) ainda destaca que, os sistemas agroflorestais são reconhecidos por seu potencial em promover a biodiversidade, a sequestro de carbono e a sustentabilidade agrícola. No entanto, avaliar a saúde do solo nesses sistemas pode ser um desafio, devido à sua complexidade inerente. Kehl (2014), em seu trabalho seminal, abordou este desafio usando a Cromatografia de Pfeiffer. Os padrões cromatográficos observados por Kehl (2014) forneceram insights valiosos sobre a dinâmica do solo nestes sistemas, revelando interações cruciais entre os componentes orgânicos e minerais. Estes insights são essenciais para otimizar o manejo e garantir a longevidade e produtividade desses sistemas.

A análise da saúde do solo é uma peça-chave para garantir práticas agrícolas sustentáveis e entender a dinâmica dos ecossistemas terrestres. Os estudos discutidos aqui ressaltam a profundidade e a amplitude da Cromatografia de Pfeiffer como uma ferramenta para essa análise. Seja em sistemas agrícolas diversificados, práticas agroecológicas ou sistemas agroflorestais, a técnica oferece uma janela única para compreender o equilíbrio e a dinâmica do solo. À medida que avançamos para um futuro agrícola mais sustentável, ferramentas como a Cromatografia de Pfeiffer continuarão a ser fundamentais em nossa busca por práticas que são tanto produtivas quanto ecologicamente equilibradas (Kehl, 2014).

Nas palavras de Matos (2022), a rápida evolução da tecnologia digital tem transformado profundamente diversas áreas de pesquisa e aplicação prática, moldando novos paradigmas e expandindo horizontes previamente estabelecidos. No campo da pesquisa do solo, a união entre as técnicas tradicionais e a revolução digital levou a avanços metodológicos e significativos, particularmente no uso da Cromatografia de Pfeiffer. Historicamente, a Cromatografia de Pfeiffer tem sido uma ferramenta essencial para pesquisadores, agrônomos e ecologistas, proporcionando ferramentas valiosas sobre a saúde e a qualidade do solo através da análise de padrões cromatográficos. No entanto, a interpretação tradicional desses padrões, embora informativa, muitas vezes estava sujeita a variabilidades e limitações inerentes à análise manual.

A transição para a era digital, conforme destacado por Fontenele, Gouveia e Dos Santos (2020), revolucionou esta técnica centenária, assim, pode-se observar que, a introdução da manipulação digital das imagens cromatográficas abriu uma nova janela de possibilidades. Esta evolução tecnológica não apenas permitiu uma maior precisão na interpretação dos padrões, mas também possibilitou uma identificação mais clara de nuances e detalhes anteriormente imperceptíveis.

Dentro deste novo paradigma digital, as imagens cromatográficas podem ser analisadas com uma precisão sem precedentes. Softwares e algoritmos especializados têm o potencial de identificar e quantificar padrões específicos relacionados à saúde e qualidade do solo com uma acurácia e rapidez antes inimagináveis (Fontenele; Gouveia; Dos Santos, 2020).

Ainda conforme Fontenele, Gouveia e Dos Santos (2020), os autores mergulharam profundamente na manipulação digital das imagens de cromatografia circular de Pfeiffer. Os resultados revelaram uma capacidade inovadora de discernir padrões cromatográficos com detalhes finos. Através da integração de tecnologias digitais, eles foram capazes de decifrar complexidades dentro das imagens, levando a uma compreensão mais rica e multidimensional da saúde do solo.

Os avanços metodológicos que incorporam a manipulação digital não apenas aprimoram a precisão da análise, mas também ampliam significativamente a aplicabilidade da técnica. Com a capacidade de discernir detalhes mais sutis e padrões complexos, a Cromatografia de Pfeiffer digitalizada torna-se uma ferramenta ainda mais valiosa para pesquisadores, agrônomos e outros profissionais da área.

De acordo com Graciano *et al.* (2020), o impacto dessa revolução digital na Cromatografia de Pfeiffer é imenso. Não apenas redefine os padrões de análise, mas também molda o futuro da pesquisa do solo. À medida que a tecnologia continua a avançar, podemos antecipar novas inovações e integrações que tornarão a análise do solo ainda mais detalhada e informativa. A fusão da técnica tradicional da Cromatografia de Pfeiffer com os avanços da era digital é um testemunho da adaptabilidade e evolução da ciência. Esta integração promete revolucionar a forma como entendemos, analisamos e, por fim, cuidamos de nossa preciosa terra,

garantindo práticas agrícolas sustentáveis e um ecossistema saudável para as gerações futuras.

A compreensão do solo é um aspecto crucial para muitas disciplinas, desde a agricultura até a ecologia. Ao longo das décadas, muitas técnicas foram desenvolvidas para avaliar a saúde e qualidade do solo. No entanto, uma técnica em particular tem se destacado, não apenas pela sua capacidade inerente, mas também por sua adaptabilidade aos tempos modernos: a Cromatografia de Pfeiffer. Desde suas origens no início do século XX, esta técnica tem sido pioneira em oferecer insights sobre os complexos sistemas que operam sob nossos pés. A introdução da Cromatografia de Pfeiffer por Ehrenfried Pfeiffer marcou uma era de exploração e descoberta no campo da biologia e agricultura orgânica. Com sua capacidade distintiva de avaliar a qualidade do solo através de padrões cromatográficos, rapidamente se tornou uma ferramenta valiosa para cientistas e agricultores ao redor do mundo (Graciano *et al.* 2020).

O verdadeiro poder da Cromatografia de Pfeiffer reside em sua capacidade de integrar uma variedade de parâmetros, desde os componentes orgânicos até os minerais presentes no solo. Isso permite que os pesquisadores obtenham uma visão integrada da saúde do solo, incorporando aspectos físicos, químicos e biológicos. E em uma era onde a agricultura sustentável e a compreensão dos ecossistemas naturais são de extrema importância, ter uma ferramenta tão abrangente é de valor inestimável (Graciano *et al.* 2020).

Contudo, a importância da Cromatografia de Pfeiffer vai muito além. Em uma era dominada pela tecnologia e digitalização, onde a informação é soberana e a precisão é essencial, essa técnica pioneira tem mostrado uma notável capacidade de adaptação e evolução. A integração da era digital na Cromatografia de Pfeiffer, especificamente a manipulação digital de imagens cromatográficas, tem permitido uma precisão sem precedentes na análise do solo. Essa fusão da técnica tradicional com as mais recentes inovações tecnológicas ampliou a sua aplicabilidade e relevância.

No estudo recente de Fontenele, Gouveia e Dos Santos (2020), foi evidenciada a impressionante capacidade da Cromatografia de Pfeiffer em se adaptar ao mundo digital. A manipulação digital das imagens cromatográficas levou a descobertas mais aprofundadas e insights mais detalhados sobre os padrões e características do solo. Esta evolução não apenas elevou a precisão da técnica, mas também a tornou ainda mais relevante para a moderna pesquisa do solo.

É evidente que a Cromatografia de Pfeiffer não é apenas uma relíquia do passado, mas uma técnica em constante evolução, moldada tanto pela tradição quanto pela inovação. Em um mundo onde a saúde do solo é central para a sustentabilidade, a segurança alimentar e a preservação ecológica, a contínua relevância desta técnica serve como um testemunho de seu valor inerente. Com seu poder de adaptabilidade e profunda compreensão do solo, a Cromatografia de Pfeiffer promete permanecer no epicentro da análise e pesquisa do solo nas próximas décadas.

3 METODOLOGIA

Para que se fosse possível alcançar o objetivo proposto, foi desenvolvida uma pesquisa de cunho bibliográfico, no qual, utilizou-se de bases de busca acadêmica, a exemplo do Scielo e Google Acadêmico. Para levantamento dos estudos necessários

para embasamento teórico, foram utilizados os seguintes descritores: Cromatografia de Pfeiffer. Qualidade. Solo.

Decidiu-se realizar uma pesquisa bibliográfica exploratória para adquirir conhecimento teórico sobre diversas perspectivas e resultados de estudos relacionados ao assunto.

Ainda conforme entendimento de Tako e Kameo (2023), o ato de realizar pesquisa bibliográfica envolve o exame de bibliografias existentes e prontamente disponíveis em relação ao assunto de interesse. Isto inclui uma vasta gama de fontes, tais como publicações individuais, boletins, jornais, livros, trabalhos de investigação, monografias, teses e materiais cartográficos, bem como outras formas de meios de comunicação, incluindo rádio, filmes e programas de televisão.

De tal modo, tendo em vista as ponderações acerca dos aspectos teóricos-metodológicos, passou a ser realizada a coleta de dados, contudo, as buscas pelas dissertações, teses e artigos científicos, foram feitas por meio do Google Acadêmico e Scielo.

Os textos escolhidos foram selecionados conforme princípios linguísticos da língua portuguesa, tendo em vista os seguintes termos: Cromatografia de Pfeiffer. Qualidade. Solo. Contudo, os textos selecionados apresentaram o título ao qual tratava-se sobre a problemática, e em seguida passaram-se a serem feitas leituras e consequentemente, suas análises.

Em relação aos critérios de inclusão, os textos foram selecionados tendo como bases os publicados nos últimos 05 anos (2020-2024), e que tratassem do objetivo proposto neste estudo.

No que se refere aos critérios de exclusão, foram excluídos todos os estudos que não condiziam com o período de publicação nos últimos 05 anos (2020-2024), sendo excluídos também aqueles que não condiziam com o objetivo proposto neste estudo. Além disso, também foram excluídas monografias, dissertações e teses.

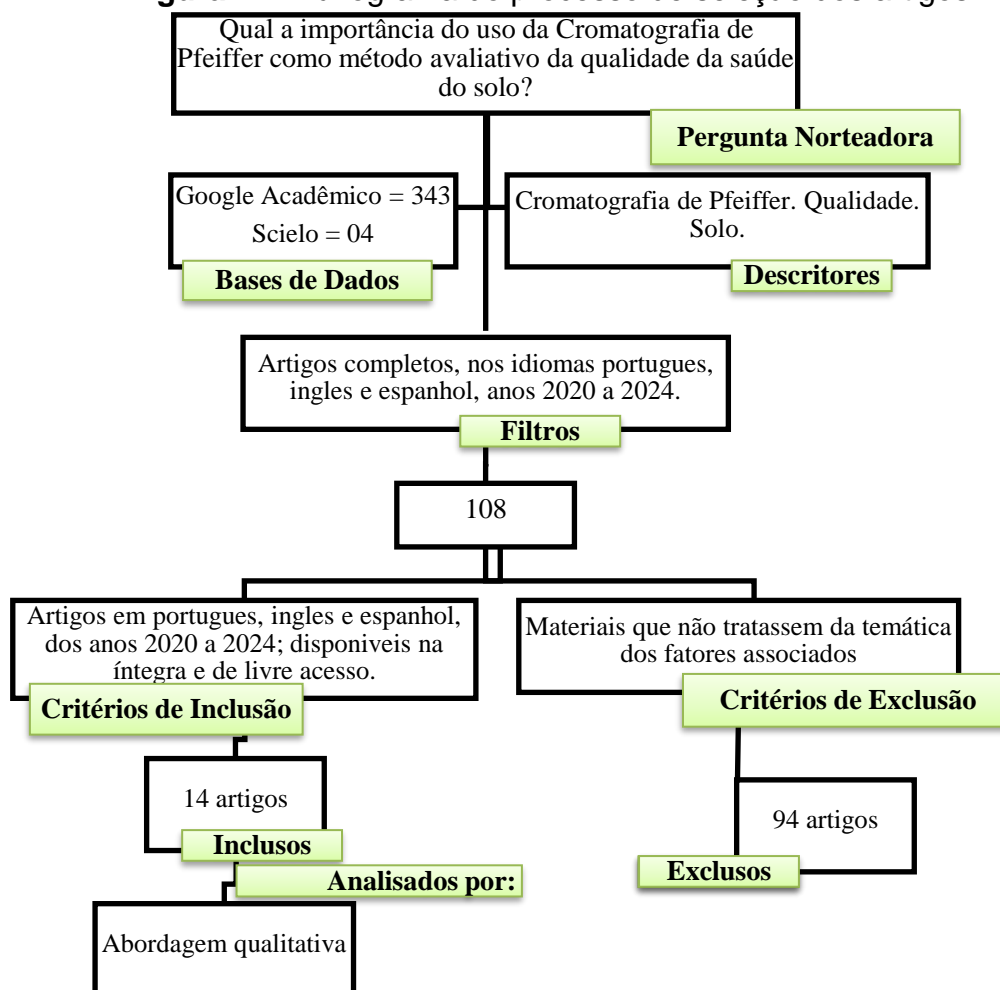
Ao todo, foram encontrados 347 estudos, sendo 343 na base de busca do Google Acadêmico e 04 na base de busca do Scielo, aplicando os estudos publicados nos últimos 05 anos restaram 108, após colocar em prática os critérios de inclusão e exclusão, foram excluídos 94 e incluídos 14 estudos, sendo estes utilizados para discussão do presente estudo.

Assim, a pesquisa configura-se como sendo sistematizada, passando-se a seguir critérios alusivos a conceituação sobre a importância do uso da Cromatografia de Pfeiffer como método avaliativo da qualidade da saúde do solo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi realizada avaliação descritiva e leitura de todos os artigos inclusos em português, inglês ou espanhol. Onde foram organizados e dispostos de forma tabular, demonstrando o método utilizado para pesquisa, os dados presentes e os resultados obtidos ao fim da revisão. Contudo, para melhor visualizar o processo de busca do material utilizado para discussão deste estudo, observa-se o a seguir o fluxograma que expõe o processo de seleção dos artigos.

Figura 1 – Fluxograma do processo de seleção dos artigos



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Dos 108 artigos pré-selecionados, foram apenas 14 selecionados seguindo o critério de inclusão e exclusão. E, ao final da leitura dos artigos foi realizada a distribuição dos estudos analisando quanto aos autores, título, palavras-chaves, ano e base de dados, como pode ser melhor observado no quadro 1 abaixo.

Quadro 1 – Artigos levantados nas bases de dados sobre o uso da cromatografia de Pfeiffer como método avaliativo da qualidade da saúde do solo.

Autor/ Ano	Objetivo	Resultados/Conclusão
Matos e Santos (2021)	Avaliar a qualidade de solos destinados a disposição de resíduos sólidos por meio da Cromatografia de Pfeiffer, a fim de diagnosticar a viabilidade dessa ferramenta de baixo custo para o monitoramento ambiental.	Concluiu-se que há padronização das cromas relacionadas aos locais de amostragem, ocorrendo menor qualidade nos solos em áreas de lixões, sendo detectável via cromatografia de Pfeiffer a perda da qualidade edáfica em virtude da forma de disposição de resíduos. A aplicação desta técnica mostrou-se viável para o monitoramento da qualidade

		ambiental dos solos, uma vez que gera informações que permitem investigar ou confirmar a ocorrência de passivos.
Barros e Franco (2022)	Objetivou a compreensão do estado da saúde do solo em quatro usos da terra (um sistema agroflorestal, um plantio de banana com adubação verde, uma área em pousio e um fragmento florestal) em um sítio certificado biodinâmico, no estado de São Paulo, Brasil.	Os resultados obtidos de modo qualitativo e quantitativos permitem afirmar que os solos da área do fragmento e do sistema agroflorestal foram os mais saudáveis. A cromatografia foi um método eficiente na análise da saúde dos solos tropicais, com potencialidade de uso por agricultores familiares.
Oliveira <i>et al.</i> (2020)	Realizar uma sistematização das principais metodologias de análise de resultados e interpretações das zonas formadas por cromatogramas bem como de pesquisas inovadoras fora e dentro do Brasil.	Conclui-se que o avanço nas metodologias de compreensão dos resultados da FCC apresentou expressivo crescimento na última década, com o uso de métodos científicos e tecnológicos de alta precisão, abrindo a possibilidade de consolidar o método FCC como real instrumento de análise da saúde do solo assim como também de compostos. O presente artigo se apresenta como leitura para a prática de novas metodologias que levam a maior compreensão dos cromatogramas.
Carneiro e Campos (2021)	Avaliar a qualidade do solo de um agroecossistema de base familiar no município de Boqueirão – PB, no intuito de orientar a tomada de decisões no que diz respeito aos manejos empregados.	Os resultados mostraram boas revelações dos cromas, que permitiram inferir os principais indicadores de cada área. A partir das interpretações que a cromatografia permite, verificou-se que o cromograma C apresenta os melhores resultados em termos de saúde do solo, uma vez que expressou alta atividade enzimática. Por outro lado, os cromogramas A e B não expressaram boas condições, evidenciando a necessidade de alterações no quadro de manejo.

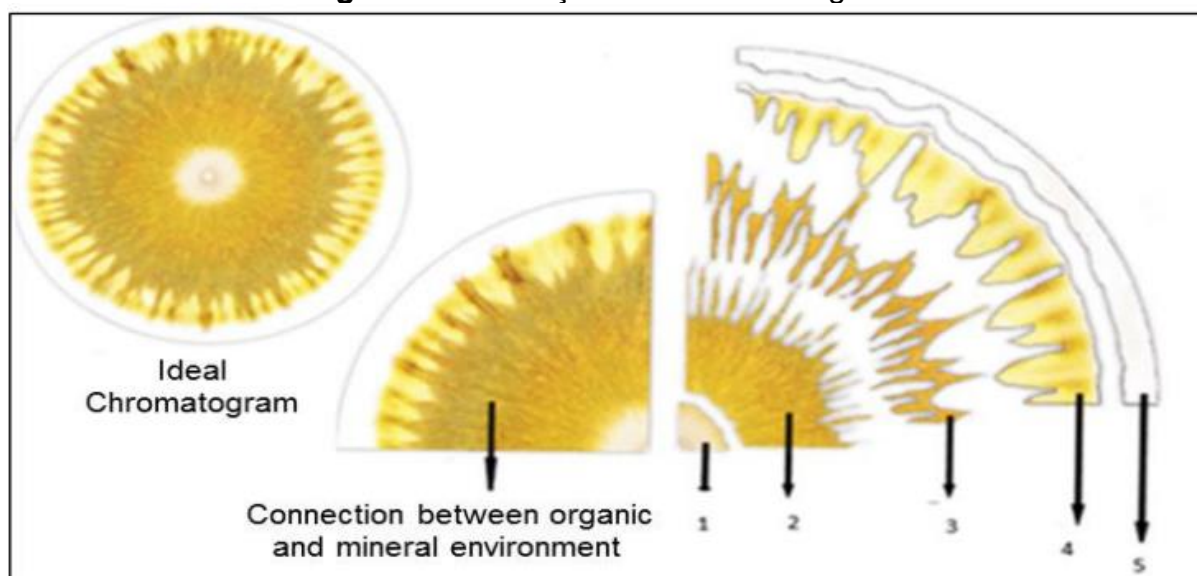
Cruz <i>et al.</i> (2023)	Avaliar a qualidade do solo pela metodologia da Cromatografia de Pfeiffer realizando um estudo comparativo com a metodologia convencional de avaliação dos atributos físicos e químicos em diferentes sistemas de uso do solo.	A cromatografia de Pfeiffer é uma técnica eficiente que pode ser utilizada para avaliação qualitativa do solo sendo, portanto, uma alternativa à avaliação e monitoramento analítico de solos por pequenos agricultores.
Giovannini <i>et al.</i> (2020)	Realizar uma avaliação do solo de um subsistema de Noni (<i>Morindacitrifolia</i>), localizado na Universidade Federal da Paraíba (UFPB) - Campus III, Bananeiras.	Avaliou-se então que este subsistema apresenta características de recuperação da biocenose no solo, apresentando variações devido ao manejo diverso.
Reis <i>et al.</i> (2020)	Avaliar a saúde do solo através da Cromatografia do solo de Pfeiffer de três subsistemas agrícolas ecossistema de mata inseridos em um agroecossistema em transição agroecológica	A Cromatografia de Pfeiffer é uma técnica que pode ser utilizada para avaliação qualitativa do solo tanto de ecossistemas naturais quanto a diferentes sistemas de uso do solo.
Silva, Scaglioni e Sponchiado (2020)	estudar a qualidade de vida do solo em três sistemas de cultivos de arroz Pré-Germinado, o Orgânico, a Rotação de cultivo do arroz com peixe e o Convencional.	Os diferentes tipos de Sistemas de cultivos de arroz irrigado que tem características próprias e manejo de solo diferenciado dos cultivos de sequeiro. Recomenda-se a continuidade deste estudo observando os diferentes manejos através da cromatográfica circular.
Barros e Silveira Franco (2022)	Compreender, discutir e divulgar o avanço da aplicação da cromatografia reúne-se aqui trabalhos científicos realizados na última década sobre a temática.	Os resultados demonstram que a América Latina tem se destacado no uso da cromatografia, em especial o Brasil; e que o método pode ser eficaz na distinção de usos e manejos do solo, sistemas de produção e em comparação com metodologias convencionais de análise do solo. Nos últimos anos tem crescido os estudos sobre o tema o que pode contribuir para sua popularização auxiliando agricultores em transição agroecológica na avaliação de seus agroecossistemas.

Cantalice <i>et al.</i> (2020)	Caracterizar a qualidade do solo através da Cromatografia de Pfeiffer (CP) de quatro subsistemas (Banco de Proteína, Horta, Frutíferas, Mata). "Nosso Sítio" em Lagoa Seca-PB	A Cromatografia de Pfeiffer é uma técnica que pode ser utilizada para avaliação qualitativa do solo de diferentes sistemas de uso do solo, sendo de simples manuseio técnico e baixo custo.
Melo <i>et al.</i> (2020)	Avaliar a saúde do solo através da Cromatografia do solo de Pfeiffer de três subsistemas agrícolas e ecossistema de mata inserido em um agroecossistema em transição agroecológica.	A Cromatografia de Pfeiffer é uma técnica que pode ser utilizada para avaliação qualitativa do solo tanto de ecossistemas naturais quanto agroecossistemas, sendo de simples manuseio técnico e baixo custo, mostrando-se como uma alternativa à avaliação e monitoramento de solos por agricultores e para o avanço da transição agroecológica.
Coaracy <i>et al.</i> (2020)	Avaliar o uso da Cromatografia do solo de Pfeiffer como indicadora do efeito residual de uma adubação com cinzas	É de grande importância a continuidade das ações no campo da cromatografia, para posterior construção de núcleos e estudos de saberes com foco em Agroecologia, biopoder camponês e na Agricultura Familiar, tendo como exemplo a iniciativa realizada no presente estudo, trazendo metodologias de trabalho que possibilita o aprofundamento da compreensão da relação entre teoria e prática, a metodologia se mostrou eficaz para o fortalecimento de tecnologias de fácil acesso para dinamização do agroecossistema familiar.
Conceição <i>et al.</i> (2023)	Avaliar a qualidade de solos sob diferentes coberturas vegetais utilizando a cromatografia Pfeiffer aliada aos indicadores biológicos do solo.	Através deste estudo foi possível diferenciar a qualidade dos solos pelos cromatogramas obtidos, que estiveram diretamente correlacionados com as propriedades químicas e biológicas, em especial o teor de matéria orgânica, índices de atividade da biomassa microbiana e atividade enzimática.

Considerando os estudos apresentados no quadro 1, pode-se dizer que, segundo estudo de Oliveira et al. (2020) sobre qualidade do solo por meio de cromatografia, é necessária a interpretação de cromatogramas. Esses dados baseados em imagens (cromatogramas) são inerentemente subjetivos e auto interpretáveis, refletindo uma natureza única, portanto, compreendê-los faz parte do processo de construção do conhecimento. No entanto, a descodificação de um cromatograma exige uma base teórica e experimental: isto permite a qualquer parte interessada (seja um investigador ou um agricultor) compreender as pistas visuais recorrentes representadas nestas imagens em comparação com as condições reais do solo. Apesar do trabalho pioneiro de Pfeiffer que remonta a 80 anos para introduzir a cromatografia circular plana que ainda informa a prática hoje, o Brasil adotou esta ciência há cerca de 8 anos, mas tem visto poucos esforços da academia para apoiar uma melhor apreciação popular através da interpretação desses padrões de representação visual.

Deste modo, para melhor visualização, pode-se observar a ilustração de um cromatograma, a seguir:

Figura 2 – Ilustração de um cromatograma



Fonte: Rivera; Pinheiro (2011, com adaptações *apud* Carneiro; Campos 2021).

Ao analisar a figura a cima, compreende-se que o método de cromatografia de Pfeiffer é uma ferramenta valiosa para determinar a qualidade do solo. Este método permite caracterizar a interação entre a biologia, física e a química do solo, incluindo a estrutura e a mineralização da MOS. Assim, a cromatografia é avaliada com base nas reações químicas, físicas e biológicas envolvidas, e essas reações podem ser consideradas sob a perspectiva de sua importância ecológica para essa área.

Contudo, é importante destacar o que assinala Matos e Santos (2021), ao qual diz que, a importância da utilização da cromatografia de Pfeiffer para determinar a qualidade do solo é ressaltada por. Levará a uma abordagem rentável na monitorização ambiental, permitindo pré-levantamentos e facilitando decisões sobre áreas ideais para perfuração de poços.

Apesar disso, Barros e Franco (2022) mostraram que as descobertas podem revelar atributos específicos do solo, fertilidade química, matéria orgânica, biota e estrutura do solo, com base em padrões representados na superfície do papel. As

limitações e potencialidades das áreas de estudo foram assim tornadas compreensíveis; isto leva a sugestões para modificar os impactos negativos no solo, bem como no agroecossistema (como um todo), depois de poder ver tais características através de meios simples como a análise de padrões no papel.

Em continuidade, é importante destacar o que assinala Carneiro e Campos (2021), ao qual diz que, a cromatografia de Pfeiffer é vista como um instrumento holístico, de fácil obtenção e de baixo custo, que desempenha um papel essencial para a autonomia camponesa na vigilância dos aspectos agrícolas.

Cruz *et al.* (2023) complementa que, a Cromatografia de Pfeiffer (CP) como instrumento metodológico para avaliação da qualidade do solo mostra-se eficaz, viável e vantajosa na determinação da qualidade sistêmica do solo. Isso porque é capaz de avaliar os atributos físicos, químicos e biológicos da sensibilidade do solo à saúde e à vida, o que demonstra correlação positiva com a avaliação do CP baseada em métodos analíticos, apresentando, conseqüentemente, resultados semelhantes no que diz respeito à qualidade do solo.

O estudo de Giovannini *et al.* (2020) confirma a infinidade de resultados que a cromatografia de Pfeiffer pode revelar. Em particular, quando aplicado ao subsistema experimental Noni (*Morinda citrifolia*), indica uma avaliação do estado atual de recuperação da fertilidade do solo revelada por dois tratamentos (4 e 5) que apresentaram melhores resultados. Portanto, ressaltamos que o tipo de prática de manejo do agroecossistema é um fator primário que causa diferenças, às vezes até interferências, no sistema, não apenas em aspectos significativos, mas também não significativos, de qualidade, bem como de fertilidade do solo, estes devem ser levados em consideração.

No entendimento de Reis *et al.* (2020) estes consideraram a Cromatografia de Pfeiffer eficiente, aplicável e sensível para a avaliação sistêmica de variáveis relacionadas ao solo. Na mesma linha, Silva, Scaglioni e Sponchiado (2020) introduziram a cromatografia circular de Pfeiffer que analisa a vitalidade do solo através da interpretação de cores juntamente com formas e harmonia vistas no visual do cromatograma, uma abordagem inovadora para analisar esses detalhes.

Segundo estudos desenvolvidos por Barros e Silveira Franco (2022) estes, demonstraram a eficácia da Cromatografia Circular Pfeiffer na avaliação de sistemas de produção de solos. Esta ferramenta inovadora esclarece as complexidades do uso do solo e dos sistemas de gestão, permitindo assim uma visão sobre a saúde geral do solo. Dado o seu valor potencial, exige novas iniciativas de investigação que popularizem a sua adoção como uma técnica que integra vários atributos de qualidade do solo. Isto é particularmente importante entre os agricultores, pois o método é fácil de executar, com equipamento mínimo e baixo custo envolvido na implementação os resultados são facilmente obtidos.

O trabalho de Cantalice *et al.* (2020) apresenta a Cromatografia de Pfeiffer (PC), uma abordagem incomum, mas sofisticada, que fornece uma análise completa do solo através de perspectivas físicas, químicas e biológicas. Isto ajuda tanto os técnicos como os agricultores a compreender as necessidades e qualidades do solo de uma forma perceptível. O método utiliza imagens: representa informações por meio de cores e formas, que são pistas visuais de fácil compreensão para as famílias agricultoras. A abordagem de avaliação envolve a leitura dos aspectos representados na imagem cor, forma e harmonia para obter significado em relação à qualidade do solo. Portanto, compreender a PC é essencial como parte de métodos mais acessíveis para a leitura da dinâmica do solo isto tem implicações diretas no indicador das

práticas agrícolas terrestres e, portanto, na sustentabilidade dentro dos agroecossistemas.

Melo *et al.* (2020) demonstraram em seus estudos que a Cromatografia de Solo Pfeiffer é uma abordagem eficaz, viável e vantajosa para avaliar a qualidade sistêmica do solo. Demonstrou ser sensível na avaliação das propriedades físicas, químicas e biológicas, que são componentes inerentes à saúde e vitalidade do solo.

Conceição *et al.* (2023) introduziram a Cromatografia Circular de Pfeiffer (CCP) como uma abordagem econômica que serve ao propósito de determinar qualitativamente os principais processos do solo. Este método é ecológico no sentido de que não produz resíduos químicos, ao contrário dos métodos típicos de análise de solo, atraindo os agricultores da América Latina, especialmente aqueles envolvidos com sistemas de conservação.

Por fim, é importante destacar o que assinala Coaracy *et al.* (2020) quando afirma que, a aplicação de uma ferramenta de avaliação da qualidade do solo como a Cromatografia de Pfeiffer é altamente benéfica para agroecossistemas manejados com base em princípios agroecológicos. É de baixo custo, fácil de compreender e concentra-se em fatores associados ao fluxo da vida do solo, sendo, portanto, apropriado em muitas situações.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Consideramos ao final dessa revisão o alcance do nosso objetivo avaliando trabalhos decorridos entre 2020 e 2024 sobre o uso da Cromatografia de Pfeiffer como um método avaliativo da qualidade e saúde do solo. Percebemos que ao passar dos anos a Cromatografia de Pfeiffer deixou de ser apenas um método puramente qualitativo e foi associado a diferentes métodos de avaliação dos atributos do solo, que apenas reforçam a importância da cromatografia de Pfeiffer, especialmente, para famílias agricultoras pelo custo-benefício desse método.

O ato de visualizar uma imagem para análise, diga-se, uma imagem que retrate a qualidade do solo, tem o potencial de despertar interesse e curiosidade entre os agricultores. Isto, por sua vez, promove um aguçado sentido de observação e percepção sobre o seu agroecossistema, permitindo uma avaliação sobre o tipo de gestão adotada. Neste caso, vê-se que do ponto de vista da saúde do solo, a utilização de imagens permite uma melhor compreensão e tirar mais inferências do que seriam obtidas através de outros meios, como a observação física direta.

Assim, voltando a problemática deste estudo ao qual questionou, qual a importância do uso da Cromatografia de Pfeiffer como método avaliativo da qualidade da saúde do solo? É possível afirmar que, a Cromatografia Circular de Pfeiffer merece destaque como técnica agroecológica. Sua fácil preparação e baixo custo, aliados à simples execução e interpretação que podem ser feitas por técnicos e agricultores, fazem dele uma ferramenta valiosa na avaliação da qualidade do solo e na autonomia dos agricultores para monitorar o impacto do manejo do solo.

É necessária mais investigação sobre este tema, tendo em conta o baixo custo e a fácil acessibilidade desta abordagem sem esquecer o resultado que proporciona uma avaliação do solo abrangente e baseada na qualidade. Tal avaliação é mais adequada para uma avaliação sistêmica dos agroecossistemas. Além disso, a ferramenta tem um valor significativo para os agricultores familiares na monitorização do seu solo e nos processos de tomada de decisão.

REFERÊNCIAS

- BALOTA, E. L. **Manejo e qualidade biológica do solo**. Edição revisada, Londrina: Midiograf, 280 p. 2018.
- BARROS, C. E.; FRANCO, F. S. Contribuições da cromatografia circular de Pfeiffer para análise da saúde do solo. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, v. 31, n.2, jul -dic. de 2022, pp. 395-413.
- BARROS, C. E.; SILVEIRA FRANCO, F. Contribuições da cromatografia circular de Pfeiffer para análise da saúde do solo. **Cuad. Geogr. Rev. Colomb. Geogr.**, Bogotá, v.31, n.2, p. 395-413, Dec. 2022.
- BARROSA, C. E.; FRANCO, F. S. Contribuições da cromatografia circular de Pfeiffer para análise da saúde do solo. **Cuad. Geogr. Rev. Colomb. Geogr.** v.31 n.2 Bogotá July/Dec. 2022.
- BEZERRA, L. P.; FRANCO, F. S.; SOUZA-ESQUERDO, V. F.; LIMA, E. S.; LOVERA, L. H.; SOUZA, Z. M. Análise da qualidade do solo em sistemas agroflorestais da agricultura familiar utilizando a Cromatografia de Pfeiffer. *Cadernos de Agroecologia – ISSN 2236-7934 - Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia*, São Cristóvão, Sergipe, v.15, n.2, 2020.
- BURLE, E. C.; FIGUEIREDO, R. T. Uso da Cromatografia Circular Plana em diferentes concentrações para análise de solo e de compostos orgânicos. **Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas - UNIT – SERGIPE**, v.5, n.2, 2019.
- CANTALICE, R. S.; ANDRADE, F. G.; SILVA, W. A.; CASTRO, T. B. S.; MELO, D. M. A.; COARACY, T. N. Caracterização qualitativa do solo pelo método de cromatografia de Pfeiffer no agroecossistema “Nosso Sítio” em Lagoa Seca-PB. *Cadernos de Agroecologia – ISSN 2236-7934 - Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia*, São Cristóvão, Sergipe - v.15, n.2, 2020.
- CARNEIRO, A. M.; CAMPOS, J. O. The use of pfeiffer chromatography as a tool for evaluating agroecological management in na agricultural property in the municipally of Boqueirão – PB. **International Journal Semiarid**, Ano 4, v.4, p.139-149, 2021.
- COARACY, T. N.; MELO, D. M. A; GIOVANNINI, L. F; BARRETO, P. C. C.; DINIZ, B. L. M. T. Cromatografia de Pfeiffer na avaliação do efeito residual no solo de uma adubação com cinzas vegetais em um sistema agrícola experimental. **Cadernos de Agroecologia-Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia**, São Cristóvão, Sergipe - v. 15, n.2, 2020.
- CONCEIÇÃO, A. G. B.; CORINGA, E. A. O.; CORINGA, J. E. S.; BUZETTI, F. A. C. M. Uso da cromatografia pfeiffer como ferramenta na avaliação da qualidade de solos e sua relação com indicadores químicos e biológicos. IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. **XIV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, Natal/RN – 07 a 10/11/2023.

CRUZ, S. N.; *et al.* Qualidade do solo estimada por técnica de baixo custo: cromatografia de pfeiffer como ferramenta de avaliação agrícola e ambiental de solos na agricultura familiar. **Revista Valore**, Volta Redonda, v.8 (edição especial), p.85-102, 2023.

FONTENELE, Ô.; SANTOS, C.; GOUVEIA, M. Manipulação digital das imagens de Cromatografia Circular de Pfeiffer: em busca de critérios silenciosos. **Cadernos de Agroecologia** – ISSN 2236-7934 - Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia, São Cristóvão, Sergipe - v. 15, n.2, 2020.

GIOVANNINI, L. F.; MELO, D. M. A.; COARACY, T. N.; BARRETO, P. C. C.; DINIZ, B. L. M. T. Saúde do solo aos olhos da cromatografia de Pfeiffer em um subsistema de cultivo de noni (*Morindacitrifolia*L). **Cadernos de Agroecologia** –Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia, São Cristóvão, Sergipe - v. 15, n.2, 2020.

GRACIANO, I.; MATSUMOTO, L. S.; DEMÉTRIO, G. B.; PEIXOTO, E. C. T. M. Evaluating pfeiffer chromatography for its validation as an indicator of soil quality. **Journal of Agricultural Studies**, v.8, n.3, p.420-446, 2020.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos. 7. ed. **rev. amp.** São Paulo: Atlas, 2007.

MARQUES, C. V. L.; FERNANDES, E.; FRANCO, F. S. Contribuições da cromatografia circular de Pfeiffer (CCP) para caracterização de saúde do solo em diferentes formas de uso e ocupação. **GEOGRAFIA**, Rio Claro-SP, v.48, n.1, 2023.

MATOS, C. R. A. **Cromatografia de pfeiffer aplicada na avaliação da fertilidade do solo sob diferentes sistemas de produção**. 2022. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2022.

MATOS, M. F.; SANTOS, M. A. N. Avaliação da qualidade de solos em locais de disposição de resíduos sólidos por meio da cromatografia de Pfeiffer. **REA – Revista de estudos ambientais (Online)**, v.23, n. 2, p.35-46, jul./dez. 2021.

MELO, D. M. A.; RODRIGUES, G. T.; SILVA, G. J.; COARACY, T. N.; ARAÚJO, M. B.; ARAÚJO, A. E. Saúde do solo através da Cromatografia de Pfeiffer em um agroecossistema em transição agroecológica. **Cadernos de Agroecologia** – ISSN 2236-7934 - Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia, São Cristóvão, Sergipe - v. 15, no 2, 2020.

MENDES, I. C., SOUSA, D. M. G., DANTAS, O. D., LOPES, A. A. D. C., REIS JUNIOR, F. B. D., OLIVEIRA, M. I., CHAER, G. M. Soil quality and grain yield: A win-win combination in clayey tropical Oxisols. **Geoderma**, v. 388, 2021.

NEUBERT, P. S. **Metodologia científica**. Criciúma: SATC, 2012.

OLIVEIRA, W. S.; COSTA, J. L. V.; CARDOSO, E. P.; TEIXEIRA, R. N. P.; OLIVEIRA, M. E. S. Métodos de interpretação para teste de qualidade em solos a

partir da Cromatografia Circular Plana (FCC). **Braz. J. Anim. Environ. Res.**, Curitiba, v. 3, n. 3, p. 1107-1125, jul./set. 2020.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RAZERA, R. **Avaliação da qualidade do solo em manejo agroflorestal utilizando a cromatografia circular de Pfeiffer e indicadores microbiológicos**. Trabalho de conclusão de curso: Ciências Biológicas, Universidade Federal de São Carlos, 2021.

REIS, E. F.; MELO, D. M. A.; SILVA, G. J.; BATISTA, G. K.; SILVA, W. A. O.; ARAÚJO, A. E. Qualidade do solo através da cromatografia de Pfeiffer em subsistemas experimentais com diferentes usos. **Cadernos de Agroecologia** – ISSN 2236-7934 - Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia, São Cristóvão, Sergipe - v. 15, no 2, 2020.

SILVA, N. B. A.; SCAGLIONI, T. P.; SPONCHIADO, M. Análise da vitalidade de solo com cromatografia circular Pfeiffer (PCC). **Cadernos de Agroecologia** – ISSN 2236-7934 - Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia, São Cristóvão, Sergipe - v.15, n.2, 2020.

TAKO, K. V.; KAMEO, S. Y. **Metodologia da pesquisa científica [livro eletrônico]: dos conceitos teóricos à construção do projeto de pesquisa**. Campina Grande: Editora Amplla, 2023. 70 p.

AGRADECIMENTOS

Todos os conhecimentos e experiências que tive ao decorrer desse curso só foram possíveis graças aos professores que cruzaram o meu caminho, nada mais justo que agradecer gentilmente a cada um, em especial ao meu orientador, Simão Lindoso, que tenho como inspiração desde o dia que o conheci em sala de aula, por sempre acreditar e estender a mão de forma altruísta, os mais profundos sentimentos de gratidão por tudo até aqui.

As minhas amigas de curso, Bruna, Myllena, Iara, Jéssica, Yorrana, Elisa, Tatiane, Eduarda, Maysa, Gabriela, Mikaela, que compartilhamos momentos de aprendizados, mágoas, esperanças e risos, são lembranças únicas que perpetuaram por toda minha vida.

